



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

RECEIVED

20 JAN 2004

WIPO

PCT

Bescheinigung

Certificate

Attestation

1B/03/6279

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

03100052.4

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

R C van Dijk

BEST AVAILABLE COPY



Anmeldung Nr:
Application no.: 03100052.4
Demande no:

Anmeldetag:
Date of filing: 14.01.03
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

Philips Corporate Intellectual Property GmbH
Habsburgerallee 11
52064 Aachen
ALLEMAGNE
Koninklijke Philips Electronics N.V.
Groenewoudseweg 1
5621 BA Eindhoven
PAYS-BAS

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.
If no title is shown please refer to the description.
Si aucun titre n'est indiqué se referer à la description.)

Schaltungsanordnungen und Verfahren für einen Fernsteuerungsempfänger mit
Photodiode

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed /Priorité(s)
revendiquée(s)
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/
Classification internationale des brevets:

H04B10/00

Am Anmeldetag benannte Vertragstaaten/Contracting states designated at date of
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LU MC NL
PT SE SI SK TR LI

BESCHREIBUNG

Schaltungsanordnungen und Verfahren für einen Fernsteuerungsempfänger mit Photodiode

- Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung für einen Fernsteuerungsempfänger mit zumindest einer Photodiode als Lichtempfänger, der einem batteriebetriebenen, eventuell portablen Gerät und/oder einem Gerät, das seine elektrische Energie aus dem Netz bezieht, zugeordnet ist. Die Empfangsbereitschaft (Stand-By) des Fernsteuerungsempfängers führt dabei zu einem Entladen der Batterie und somit zu einer zeitlich beschränkten Einsatzfähigkeit der Batterie oder zu erhöhten Betriebskosten durch einen ständigen Verbrauch von Energie aus dem Netz, auch außerhalb des eigentlichen Betriebes des Gerätes.
- Die Lichtsignale, die von der Photodiode empfangen werden sollen, basieren beispielsweise auf Infrarot-Technik und können Fernsteuerungssignale oder Daten sein. Für den Empfang werden üblicherweise Module verwendet, in denen eine entsprechende Photodiode mit nachgeschalteten Verstärkern, Filtern und Verstärkungsregelkreisen integriert ist. Am Ausgang liefert das Empfangsmodul ein binäres Signal, das direkt mit dem Gerätecontroller oder einem Dekodierbaustein verbunden ist. Für die Dekodierung selber wird nur ein geringer Strom verbraucht. Bei bekannten Fernsteuerungsempfängern wird der Controller oder Dekodierbaustein während der Empfangsbereitschaft deaktiviert und immer nur durch empfangene Signale kurzzeitig in den aktiven Modus geschaltet. Dabei wird im Mittel nur ein sehr geringer Strom $< 5 \mu\text{A}$ verbraucht. Der Stromverbrauch des Fernsteuerungsempfängers bei deaktiviertem Controller oder Dekodierbaustein wird daher im wesentlichen von dem Empfangsmodul bestimmt. Der Empfänger muss sehr kleine Signale (ca. $0,5 \text{ mW/m}^2$) erkennen. Um ausreichende Empfindlichkeit zu erreichen, ist somit in Abhängigkeit von der gewählten Topologie eine minimale Diodenfläche vorgegeben. In der üblichen Topologie führen diese Fläche und die damit verbundene Empfindlichkeit zu einem unvermeidbaren Stromverbrauch, sobald Fremdlicht (z. B. Sonnenlicht, Kunstlicht) oder Signale aus anderen Infrarot-Quellen (z.B. andere Fernsteuer-signale) die Photodiode erreichen. Das Umgebungslicht, also Fremdlicht oder

Fernsteuerungssignale aus anderen Quellen, provoziert dabei je nach seiner Lichtstärke in heute üblichen Empfangsmodulen einen Stromverbrauch von bis zu einem 4fachen des Stromverbrauchs bei aktiver Fernbedienung, das heißt bei Empfang eines Fernsteuerungssignals des zugeordneten Senders. Es besteht also eine Abhängigkeit des Stromverbrauchs von den Beleuchtungsverhältnissen, die insbesondere alle Bemühungen um eine weitere Verbrauchsreduktion verhindert.

Die DE 44 31 117 A1 betrifft eine Schaltung für den Empfang eines Wechsellicht enthaltenden Lichtsignals und offenbart die Regelung eines Photodiodenstromes, die dazu führt, dass nahezu kein Strom aus der Stromversorgung oder Batterie entnommen werden muss. Da im Bereich der Sättigungsspannung einer Photodiode eine weitere Zunahme der Beleuchtungsstärke zu keinem weiteren Spannungsanstieg führt, muss die Spannung an der Photodiode auf einen Wert unterhalb der Sättigungsspanne gehalten werden. Gemäß der dortigen Offenbarung geschieht dies durch einen Lastwiderstand, der so viel Strom verbraucht, dass die Spannung an der Photodiode zum Beispiel immer die Hälfte der Sättigungsspannung beträgt. Dabei wird kein externer Strom benötigt, allerdings muss der Widerstand ständig der Lichtstärke angepasst werden. Bei halber Sättigungsspannung wird eine Wechsellichtkomponente immer auch eine Spannungsänderung am Widerstand hervorrufen können. Dabei führt ein stärkeres Umgebungslicht allerdings zu einem reduzierten Widerstand, der wiederum die Amplitude des Nutzsignals (und damit die Empfindlichkeit) reduziert.

Die DE 44 31 117 A1 offenbart mehrere Ausführungsbeispiele von Schaltungen, bei denen parallel zu einer Photodiode ein steuerbarer Widerstand geschaltet ist. In einem Ausführungsbeispiel wird der einer Beleuchtung unterworfenen Photodiode ein Feld-Effekt-Transistor parallel geschaltet. Über einen Operationsverstärker wird die Photodiodenspannung ständig mit einer Referenzspannung verglichen und mittels des Feld-Effekt-Transistors nachgeregelt. Der Feld-Effekt-Transistor arbeitet dabei als variabler Widerstand. Die Vorteile dieser Schaltung bestehen darin, dass nur eine Photodiode erforderlich ist und zudem eine sehr genaue Regelung erfolgt. Nachteilig in allen Ausführungsbeispielen ist jedoch, dass durch die

Verwendung des variablen, gesteuerten Widerstandes in den Schaltungen gemäß der DE 44 31 117 A1 die Nutzempfindlichkeit stark mit dem Gleichlichtanteil variiert.

Die Spannung an der Photodiode soll unterhalb der Sättigungsspannung liegen, beispielsweise
5 bei der Hälfte. Die Kapazität der Photodioden im photovoltaischen Betrieb führt dabei jedoch zu einer nicht ausreichenden Empfindlichkeit bezüglich Änderungen der einfallenden Lichtstärke, also auch einem Fernsteuerungssignal. Alle dortigen Ausführungsformen haben gemeinsam, dass die Photodiode statisch belastet wird, ohne dass Strom in nennenswertem Umfang aus der Versorgung entnommen wird. Die Photodiode wird photovoltaisch betrieben und ist ohne
10 Beleuchtung hochohmig.

Die EP 817 353 A2/A3 beschreibt eine Vorrichtung zur Verringerung der Standby-Leistung eines elektrischen, über eine Fernbedienung betätigbaren Geräts, die eine Empfängerschaltung mit wenigstens einer Photodiode zum Empfang der von der Fernbedienung gesendeten, gepul-
15 sten Lichtsignale, eine parallel zur Photodiode geschalteten Widerstandsschaltung zur Kompensation von Gleichlichtsignalen und einen Netzanschluss für eine Versorgungsspannung aufweist. Die Widerstandsschaltung umfasst einen selbstregelnden Transistor als Widerstand, der spannungsabhängig seinen Widerstand ändert, sobald eine vorgegebene Spannung unterhalb der Sättigungsspannung der Photodiode überschritten ist, und durch den spannungsab-
20 hängigen Widerstand die Photodiode belastet, bis die vorgegebene Spannung im wesentlichen erreicht ist. Es wird angegeben, dass die Spannung an den Photodioden unterhalb der Sättigung liegen soll. Aufgrund der Kapazität der photovoltaisch betriebenen Photodioden und der Belastung durch einen Widerstand ist die Empfindlichkeit bezüglich Veränderungen der Lichtstärke jedoch nicht ausreichend.

25

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, eine Schaltungsanordnung für einen Fernsteuerungsempfänger mit einer Photodiode als Lichtempfänger anzugeben, die bei ausreichender Empfindlichkeit zu einem geringeren Stromverbrauch während der Empfangsbereitschaft (Stand-By)

führt. Eine weitere Aufgabe ist, ein Verfahren zum Betreiben eines Fernsteuerungsempfängers mit zumindest einer Photodiode anzugeben.

- 5 In der üblichen Konfiguration wird die Empfangsdiode in Sperrrichtung betrieben, wobei der fließende Strom proportional zur Strahlungsintensität ist. Die Empfindlichkeit der Anordnung ist dabei groß, da sich in der Photodiode durch die negative Spannung eine sehr kleine Kapazität einstellt. Der Nachteil bei dieser Betriebsweise der Empfangsdiode in Rückwärtsrichtung ist, dass bei Einfall von Fremdlicht ein Ruhestrom fließt, der der Spannungsversorgung ent-
- 10 nommen werden muss.

- Wird eine IR-Empfangsdiode in Vorwärtsrichtung betrieben, im photovoltaischen Betrieb, kann an der Diode eine Spannung gemessen werden. Bei Belastung dieser Spannung entsteht ebenfalls ein Stromfluss, der proportional zur einfallenden Strahlung ist. Der Betrag dieses
- 15 Stroms ist praktisch identisch mit dem in Rückwärtsrichtung, der wesentliche Nachteil des Betriebes der IR-Diode in Vorwärtsrichtung ist jedoch, dass die Empfangsdiode in diesem Arbeitsbereich eine wesentlich höhere Eigenkapazität besitzt. Zusammen mit dem wirksamen Widerstand der externen Beschaltung bildet die Eigenkapazität einen Tiefpass, der eine zusätzliche Dämpfung für das (hochfrequente) Nutzsignal darstellt. Hierdurch ergibt sich eine
- 20 reduzierte Empfindlichkeit im photovoltaischen Modus.

- Eine erste Ausgestaltung der Erfindung basiert auf der Erkenntnis, dass beide Betriebsmodi einer Photodiode, sowohl die Rückwärtsrichtung, als auch der photovoltaische Betrieb, Vorteile aufweisen und kombiniert diese Betriebsmodi in geeigneter Weise, so dass bei ausreichender Empfindlichkeit gleichzeitig eine geringe Störanfälligkeit und ein verbesserter Stromverbrauch erreicht werden.
- 25

Eine zweite Ausgestaltung der Erfindung basiert auf der Erkenntnis, dass bei einer Reihenschaltung mehrerer gleichartiger Photodioden die Spannung an der Dioden-Reihenschaltung steigt, die Kapazität der einzelnen Dioden jedoch sinkt. Eine niedrige Kapazität erhöht wiederum die Empfindlichkeit des Systems. Dabei zeigt sich, dass bedingt durch die nichtlinearen
5 Eigenschaften der verwendeten Komponenten ein Gewinn erzielt werden kann.

Die Aufgabe wird gemäß einer ersten Ausgestaltung der Erfindung gelöst durch eine Schaltungsanordnung für einen Fernsteuerungsempfänger mit zumindest einer Photodiode für den Empfang eines Lichtsignals und die Erzeugung eines Ausgangssignals wobei die Photodiode in
10 dem Betriebsmodus Vorwärtsrichtung oder in dem Betriebsmodus Rückwärtsrichtung betrieben werden kann und der Fernsteuerungsempfänger eine Steuerungsvorrichtung zum Einstellen der Betriebsmodi der Photodiode aufweist.

Die Steuerungsvorrichtung weist zum Einstellen eines der beiden Betriebsmodi der Photodiode
15 je eine gesteuerte Stromquelle auf. Die beiden Stromquellen werden in Abhängigkeit von dem Signalpegel oder Nutzsignalpegel des Ausgangssignals der Photodiode von einem Steuerungscontroller so gesteuert, dass je eine der beiden Arbeitsrichtungen der Photodiode gewählt wird. Der Signalpegel des Ausgangssignals ist dabei ein Maß für die Situation der Photodiode. Wird beispielsweise ein gepulstes Lichtsignal empfangen, erzeugt die Photodiode ein ebenfalls
20 gepulstes, elektrisches Ausgangssignal und wird von dem Steuerungscontroller in den Rückwärtsbetrieb geschaltet, damit die Empfindlichkeit ausreichend ist für den Signalempfang mit möglichst wenig Verlust. Wird beispielsweise ein Lichtsignal einer Störquelle (z. B. Sonnenlicht) empfangen, erzeugt die Photodiode ein eher statisches Ausgangssignal und wird von dem Steuerungscontroller in den Vorwärtsbetrieb (photovoltaischen Betrieb) geschaltet, damit der
25 Energieverbrauch möglichst gering ist, so lange kein nutzbares Lichtsignal empfangen wird und es somit auf die Empfindlichkeit nicht ankommt.

Der Minus-Pol der ersten Stromquelle liegt an der Kathode der Photodiode an und der Plus-Pol der zweiten Stromquelle an der Anode. Beide Betriebsmodi lassen sich durch geeignetes Ansteuern der beiden Stromquellen realisieren.

- 5 Die Aufgabe wird erfindungsgemäß auch gelöst durch ein Verfahren zum Betreiben eines Fernsteuerungsempfängers mit zumindest einer Photodiode für den Empfang eines Lichtsignals und die Erzeugung eines Ausgangssignals, wobei die Photodiode in dem Betriebsmodus Vorwärtsrichtung oder in dem Betriebsmodus Rückwärtsrichtung betrieben wird und eine Steuerungsvorrichtung den Betriebsmodus der Photodiode in Abhängigkeit von dem Signalpegel
10 oder Nutzsignalpegel ihres Ausgangssignals einstellt. Somit werden die Vorteile beider Betriebsmodi kombiniert, zum einen die hohe Empfindlichkeit im Rückwärtsbetrieb, zum anderen der geringe Energieverbrauch im Vorwärtsbetrieb.

- Der Dioden-Strom umfasst einen Gleichstrom-Anteil (DC) und einen Wechselstrom-Anteil
15 (AC). Während der Empfangsbereitschaft wird die Photodiode im Betriebsmodus Vorwärtsrichtung betrieben, die erste Stromquelle ist auf Null eingestellt (und wirkt damit wie ein geöffneter Schalter) und die zweite Stromquelle so, dass die DC-Spannung zwischen ca. 5 und ca. 500 mV liegt, dies bedeutet unterhalb der Sättigungsspannung von ca. 500 mV. Vorzugsweise liegt die DC-Spannung unterhalb 200mV. Dazu wird die DC- Spannung über einen
20 Verstärker der Steuerungsvorrichtung zugeführt, die dann die zweite Stromquelle in Abhängigkeit von dem gemessenen Gleichlichtanteil nachstellt.

- Auch das von der Photodiode erzeugte AC-Ausgangssignal wird von dem Steuerungscontroller ausgewertet. Dazu ist der Ausgang der AC-Verstärkerstufe (Transimpedanzverstärker)
25 mit dem Steuerungscontroller verbunden. Überschreitet der Pegel des AC-Ausgangssignals eine vorgegebene Schwelle, so veranlasst der Steuerungscontroller das Umschalten des Betriebsmodus in Rückwärtsrichtung: die zweite Stromquelle wird auf Maximum gestellt und bildet somit einen geschlossenen Schalter, die erste Stromquelle wird aktiviert, wobei der

Wert der ersten Stromquelle so eingestellt wird, dass die DC-Spannung bei etwa der Hälfte der Betriebsspannung des Fernsteuerungsempfängers liegt. Dies wird wiederum über den Verstärker gemessen, da der Strom in Vorwärts- und in Rückwärtsrichtung in etwa gleich ist, können durch einen geeigneten Anfangswert des Stromes in der ersten Stromquelle (z.B.
5 gleich dem letzten Wert der zweiten Stromquelle) Einschwingzeiten beim Umschaltvorgang minimal gehalten werden.

Wenn der Steuerungscontroller erkennt, dass das Ende des empfangenen Infrarotsignals erreicht ist, also z.B. die AC-Amplitude des Sensorsignals wieder unter einen bestimmten
10 Wert sinkt und dort bleibt (kurze Zeitverzögerung, da übliche Fernbedienungs-Codes (Remote Control-Codes) Pausen beinhalten), veranlasst er wieder das Umschalten des Betriebsmodus in den Vorwärtsbetrieb der IR-Diode.

Bei Betrieb der Photodiode in Vorwärtsrichtung ist die Empfindlichkeit der Empfangsstufe
15 aufgrund der Kapazität der Photodiode(n) reduziert. Bei ausreichend starkem Empfangspegel des Fernsteuerungs-Signals, beispielsweise wenn sich der Fernsteuerungssender in der Nähe der Empfangsdiode befindet, reicht die reduzierte Empfindlichkeit im photovoltaischen Betrieb auch für die Decodierung aus. Dies bedeutet, dass bei einer Ausgestaltung der Erfindung der Stromverbrauch weiter reduziert werden kann, indem eine weitere Schaltschwelle vorgesehen
20 ist, die den Empfangspegel des AC-Licht-Signals betrifft und die Empfangsdiode nur bei Unterschreiten dieser weiteren Schaltschwelle in den Rückwärtsbetrieb umschaltet. Rückwärtsbetrieb wird dann also nur verwendet, wenn gilt, dass die untere Schaltschwelle kleiner ist, als das AC-Licht-Signal und dieses wiederum kleiner ist, als die obere Schaltschwelle, also Rückwärtsbetrieb wird eingestellt, wenn gilt: (Untere Schaltschwelle) < (AC-Licht-
25 Signal) < (Obere Schaltschwelle).

Die Erfindung wird außerdem gelöst durch eine Schaltungsanordnung für einen Fernsteuerungsempfänger, der zumindest eine Photodiode für den Empfang eines Lichtsignals und die Erzeugung eines Ausgangssignals aufweist, wobei mehrere gleichgepolte Photodioden als

Reihenschaltung angeordnet sind und eine gesteuerte Stromquelle für die Erzeugung des Bias-Stromes der mindestens einen Photodiode parallel zu der Dioden-Reihenschaltung geschaltet ist. Die optimale Spannung für eine einzelne Empfangsdiode liegt unter ca. 150 mV. Um einen Stromverbrauch aus der Versorgungs-Spannungsquelle zu verhindern muss gewährleistet sein, dass der Strom direkt in die Diode zurückfließt, also nicht über die versorgende Spannungsquelle. Durch die erhöhte zulässige Spannung an der Dioden-Reihenschaltung vereinfacht sich das Design der Stromquelle.

Eine sehr einfache und bevorzugte Ausführungsform der gesteuerten Stromquelle ist ein Transistor mit einem Emitter-Widerstand: ein bipolarer Transistor als Stromregler und ein Sperrschicht-Feldeffekt-Transistor jFet als steuerbarer Widerstand der gesteuerten Stromquelle. Der effektive Innenwiderstand der Stromquelle entspricht dann dem Wert des Widerstandes multipliziert mit der Verstärkung des Transistors. Eine mindeste Kollektor-Emitter-Spannung ist erforderlich, um einen (realen) Transistor als Stromquelle betreiben zu können. Bei zu geringer Kollektor-Emitter-Spannung verhält sich der Transistor zunehmend nichtideal, d.h. er ermöglicht keine Verstärkung mehr. Dadurch steigt die Belastung für das Licht-Nutzsignal und die erforderliche Empfindlichkeit kann nicht gewährleistet werden. Bei der erfindungsgemäßen Lösung ist der Transistor so angeordnet, dass die Spannung der Reihenschaltung der Photodioden der Kollektor-Emitter-Spannung des Transistors entspricht, wobei in der Emitter-Strecke ein regelbarer Widerstand angeordnet ist. Zusammen mit der konstanten Spannung an der Basis des Transistors bildet diese Anordnung die gewünschte Stromquelle, wobei die „Qualität“ der Stromquelle, erreicht durch einen möglichst hohen Innenwiderstand, von der Verstärkung des Transistors und dem eingestellten Emitter-Widerstand abhängt. Je mehr Photodioden die Reihenschaltung umfasst, desto geringer ist die anliegende Spannung an den einzelnen Dioden, wodurch sich die wirksame Kapazität jeder einzelnen Photodiode reduziert. Zugleich kann sogar bei kleinerer Diodenspannung die Kollektor-Emitter-Spannung am Transistor und die Spannung am Widerstand (und damit wiederum der benötigte Widerstandswert) erhöht werden.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform wird die Reihenschaltung der Photodioden durch eine Aufteilung der Diodenfläche mittels Strukturierung auf dem Chip oder Wafer erzielt. Dadurch wird die Siliziumfläche möglichst gering gehalten, zugleich sind die Dioden sehr genau identisch, wodurch sich die Spannung möglichst gleichmäßig auf alle verteilt.

5

Bei einem bevorzugten erfindungsgemäßen Verfahren zum Betreiben eines Fernsteuerungs-empfängers werden mehrere identische Photodioden als Reihenschaltung angeordnet in Vorwärtsrichtung betrieben und erzeugen bei einfallendem Licht einen Photostrom. Dabei wird der AC-Anteil des Photostroms durch einen Transimpedanz-Verstärker ausgekoppelt. Die Vorwärtsspannung an jeder Empfangsdiode wird durch die gesteuerte Stromquelle auf einem möglichst kleinen DC-Wert gehalten. In Infrarot-Empfängern wird üblicherweise der Gleichanteil des Sensorstroms mit einer separaten Stromquelle kompensiert, um zu verhindern, dass Umgebungslicht oder Fremdlicht den Eingangsverstärker übersteuern. Dies ist notwendig, da die Infrarot-Nutzsignale um einige Größenordnungen kleiner sein können, als die Störsignale.

15

Als Beispiel für den möglichen Gewinn soll hier der Vergleich zwischen dem Einsatz einer Photodiode und der Aufteilung derselben Chipfläche in n Einzeldioden abgeschätzt werden. Dabei wird die Spannung an der einzelnen Diode jeweils konstant gehalten. Bei einer Schaltung mit n -facher Reihenschaltung der Photodioden ist dann gegenüber dem Stand der Technik mit einer Photodiode der Photostrom auf $1/n$ des ursprünglichen Wertes reduziert, zugleich ist die resultierende Kapazität ebenfalls auf den Faktor $1/n^2$ reduziert ($1/n$ durch die Reihenschaltung der Teildioden sowie $1/n$ durch die Teilkapazitäten der kleineren Diodenflächen). Der effektive Eingangswiderstand des Transimpedanzverstärkers bestimmt zusammen mit dieser Kapazität die Grenzfrequenz der Schaltung. Um eine identische Grenzfrequenz zu erreichen, kann dieser Widerstand jetzt auf den n^2 -fachen Wert erhöht werden. Dadurch kann der auf $1/n$ reduzierte Strom um den Faktor n^2 mehr verstärkt werden, damit ergibt sich ein

20
25

Gewinn um den Faktor n . Auf der anderen Seite steht nun für die Stromquelle eine n -fach höhere Spannung zur Verfügung. Während bei sehr kleinen Spannungen nur eine eher minderwertige Stromquelle entworfen werden kann, erlaubt die erhöhte Spannung einen großen

- 5 Gewinn an Empfindlichkeit. Beispielrechnungen zeigen bei einem Übergang von $n=1$ auf $n=6$ einen Gewinn von ca. 100 für die Stromquelle, der gesamte Gewinn beträgt dann $n \cdot 100 = 600$.

- 10 Eine Kombination der beiden Ausgestaltungen der Erfindung und ihrer Varianten ist ebenfalls möglich.

Durch die erfindungsgemäße Verbindung der Photodioden an den Verstärker wird eine große Reduktion des Stromverbrauchs erreicht, da kein Bias-Strom erforderlich ist.

- 15 Die Erfindung wird anhand der folgenden Zeichnungen näher erläutert, wobei
- Figur 1 eine Prinzipschaltung einer ersten Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Fernsteuerungsempfängers darstellt,
- Figur 2a) den Stromfluss im Betriebsmodus Vorwärtsrichtung zeigt,
- Figur 2b) den Stromfluss im Betriebsmodus Rückwärtsrichtung zeigt,
- 20 Figur 3 ein Prinzipschaltbild einer zweiten Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Fernsteuerungsempfängers darstellt und
- Figur 4 ein weiteres Prinzipschaltbild der zweiten Ausgestaltung der Erfindung darstellt.

- Figur 1 stellt eine Prinzipschaltung einer ersten Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Fernsteuerungsempfängers dar. Parallel zu der Photodiode 1 für den Empfang eines (gepulsten)
- 25 Lichtsignals LS ist eine Steuerungsschaltung 2 zum Einstellen des Betriebsmodus angeordnet. Die Steuerungsschaltung 2 umfasst eine erste Stromquelle I1, an welche die Photodiode 1 mit ihrer Kathode angeschlossen ist, und eine zweite Stromquelle I2, an welche sie mit ihrer Anode angeschlossen ist. Beide Stromquellen I1 und I2 werden von einem Steuerungscontroller 3

gesteuert. Ein erster Schalter S1 verbindet die Kathode der Photodiode 1 mit den Signalverstärkern 4 und 5. Ein zweiter Schalter S2 schaltet die Kathode bei Bedarf auf Masse. Ein dritter Schalter S3 verbindet die Anode mit den Signalverstärkern 4 und 5. Alle drei Schalter S1, S2 und S3 werden von dem Steuerungscontroller 3 gesteuert. Der Betriebsmodus der Photodiode 1 wird in Abhängigkeit von dem Ausgangssignal der Photodiode 1 in Vorwärts- oder in Rückwärtsrichtung umgeschaltet. Diese beiden Arbeitsrichtungen werden durch Steuerung der Schalter S1 bis S3 und der Stromquellen I1 und I2 erreicht. Der Steuerungscontroller 3 wertet dafür das AC-Sensorsignal und den DC-Spannungslevel des Ausgangssignals der Photodiode 1 aus, um zu bestimmen, ob die Photodiode 1 in den Bereitschafts-Modus (Vorwärtsrichtung) oder in den aktiven Modus (Rückwärtsrichtung) geschaltet wird. An der Photodiode 1 liegt die Dioden-Spannung U_d an. Der Fernsteuerungsempfänger weist eine Betriebsspannung U_b und ein Ausgangssignal AG auf.

Figur 2a) zeigt den Stromfluss im Betriebsmodus Vorwärtsrichtung: Während der Empfangsbereitschaft sind die beiden Schalter S2 und S3 geschlossen und der Steuerungscontroller 3 steuert die Stromquelle I2 so, dass die DC-Spannung unterhalb der Sättigungsspannung der Photodiode 1 liegt. Unter Berücksichtigung der Diodenkapazität sind Werte unterhalb ca. 200mV zu bevorzugen. Der Schalter S1 ist geöffnet und die erste Stromquelle I1 auf Null eingestellt. Das Ausgangssignal der Photodiode 1 wird an der Anode über den Schalter S3 und eine AC-Verstärkerstufe 4 (Transimpedanzverstärker = Strom / Spannungswandler) sowie eine DC-Verstärkerstufe 5 (Spannungsfolger mit Verstärkung 1 zur Entkopplung) auf den Steuerungscontroller 3 und/oder den Ausgang AG gegeben.

Figur 2b) zeigt den Stromfluss im Betriebsmodus Rückwärtsrichtung: Überschreitet der Pegel des AC-Dioden-Ausgangssignals eine vorbestimmte Schwelle, so wird der Betrieb in den aktiven Modus umgeschaltet. Der Schalter S1 wird geschlossen und die Schalter S2 und S3 werden geöffnet. Die Stromquelle I2 wird auf Maximum oder zumindest einen höheren Wert als im Betriebsmodus Vorwärtsbetrieb gestellt, damit bildet sie einen geschlossenen Schalter,

während die Stromquelle I1 aktiviert und so eingestellt wird, dass die DC-Spannung bei etwa der Hälfte der Betriebsspannung U_b liegt. So wird die Photodiode 1 in Rückwärtsrichtung betrieben. Wenn die Auswertung des Steuerungscontrollers 3 das Ende der empfangenen Signale ermittelt, d.h. die Amplitude des Nutzsignals der Photodiode 1 unterschreitet einen minimalen Wert für eine längere Zeit als das maximale Pausenintervall des verwendeten Übertragungs-codes, wird die Empfangseinrichtung wieder in den Bereitschaftsmodus geschaltet, das bedeutet, in den photovoltaischen Betrieb.

Figur 3 stellt ein Prinzipschaltbild einer zweiten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Fernsteuerungsempfängers dar, welcher eine Reihenschaltung A aus mehreren Photodioden $D_{A1} \dots D_{An}$ aufweist, an der die Dioden-Spannung U_d anliegt. Einfallendes Licht erzeugt einen Photo-Strom I_{Photo} . Ein Transistor T1 ist parallel zu der Reihenschaltung A als Teil einer gesteuerten Stromquelle 6 geschaltet. Der Transistor T1 bildet zusammen mit dem steuerbaren Widerstand in der Emitter-Strecke - der steuerbare Widerstand wird in diesem Ausführungsbeispiel von einem jFet T2 gebildet - und der Spannungsquelle V_{ref} eine gesteuerte Stromquelle 6. Der Widerstandswert des jFets T2 wird durch den Steuereingang I DC Adj. eingestellt. Der Transistor T1 wirkt dann als Stromregler. Der AC-Anteil des Photostroms I_{Photo} wird durch einen Transimpedanz-Verstärker 7 ausgekoppelt. Der Transistor T1 benötigt eine gewisse Mindest-Spannung U_d , um als Stromquelle arbeiten zu können. Dadurch, dass n Photodioden die Reihenschaltung A bilden, liegt an der einzelnen Photodiode nur die Spannung U_d/n an, wodurch die wirksame Kapazität der einzelnen Photodioden kleiner wird, je größer n ist.

Figur 4 stellt ein weiteres Prinzipschaltbild der zweiten Ausgestaltung der Erfindung dar, und zwar einer fast vollständigen Schaltung. Die Referenzspannung V_{ref} beträgt z.B. 0,9V. Über V DC wird die Spannung an den Photodioden D_{A1} bis D_{An} abgegriffen und entkoppelt. V Control vergleicht diese Spannung mit der Referenzspannung V_{ref} . Ist sie zu groß, wird die Gatespannung des jFet T2 erhöht, R_{int} und C_{int} wirken dabei als Filter für die höherfrequenten Signalanteile. Durch Erhöhen der Gatespannung sinkt der Widerstand des jFet T2, der Strom

der Stromquelle steigt und die Spannung an der Photodiode wird auf dem Referenzlevel konstant gehalten. Wird der Referenzlevel von 0,9V auch für die Basis des Transistors T1 verwendet, stellt sich zugleich auch hier in etwa die gewünschte Spannungsverteilung ein. Da
5 die Basis-Emitter-Spannung sich auf ca. 0,6...0,7 V einstellt, ergibt sich an dem jFet T2 eine Spannung von ca. 0,2...0,3V.

PATENTANSPRÜCHE

1. Schaltungsanordnung für einen Fernsteuerungsempfänger, der zumindest eine Photodiode für den Empfang eines Lichtsignals und die Erzeugung eines Ausgangssignals aufweist,
dadurch gekennzeichnet,

5 dass die Photodiode (1) in dem Betriebsmodus Vorwärtsrichtung oder in dem Betriebsmodus Rückwärtsrichtung betrieben werden kann und dass der Fernsteuerungsempfänger eine Steuerungsvorrichtung (2) zum Einstellen der Betriebsmodi der Photodiode (1) aufweist.

2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

10 dass die Steuerungsvorrichtung (2) zum Einstellen je eines der beiden Betriebsmodi der Photodiode (1) je eine gesteuerte Stromquelle (I1, I2) aufweist.

3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet,

15 dass der Minus-Pol der ersten Stromquelle (I1) an der Kathode der Photodiode (1) anliegt und der Plus-Pol der zweiten Stromquelle (I2) an der Anode anliegt.

4. Verfahren zum Betreiben eines Fernsteuerungsempfängers mit zumindest einer Photodiode für den Empfang eines Lichtsignals und die Erzeugung eines Ausgangssignals, dadurch gekennzeichnet,
- 5 dass die Photodiode (1) in dem Betriebsmodus Vorwärtsrichtung oder in dem Betriebsmodus Rückwärtsrichtung betrieben wird und dass eine Steuerungsvorrichtung (2) den Betriebsmodus der Photodiode (1) in Abhängigkeit von dem Signalpegel oder Nutzsignalpegel ihres Ausgangssignals einstellt.
- 10 5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet,
dass während des Betriebsmodus Vorwärtsrichtung der Photodiode (1) die erste Stromquelle (I1) auf Null eingestellt wird und die zweite Stromquelle (I2) so eingestellt wird, dass die DC-Spannung an der Photodiode (1) unterhalb ihrer Sättigungsspannung, vorzugsweise unterhalb
- 15 200mV liegt.
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet,
dass der Betriebsmodus Rückwärtsrichtung der Photodiode (1) eingestellt wird, wenn der
- 20 Signalpegel oder Nutzsignalpegel der Photodiode (1) eine vorgegebene Schwelle überschreitet, indem die zweite Stromquelle (I2) auf einen höheren Wert als im Betriebsmodus Vorwärtsrichtung eingestellt wird und die erste Stromquelle (I1) derart eingestellt wird, dass die DC-Spannung an der Photodiode (1) bei etwa der Hälfte der Betriebsspannung (U_b) des Fernsteuerungsempfängers liegt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6,

dadurch gekennzeichnet,

dass ein Steuerungscontroller (3) den Betriebsmodus Vorwärtsrichtung für die Photodiode (1)

5 einstellt, wenn das Ende des empfangenen Lichtsignals erreicht ist.

8. Schaltungsanordnung für einen Fernsteuerungsempfänger, der zumindest eine Photodiode für den Empfang eines Lichtsignals und die Erzeugung eines Ausgangssignals aufweist,

10 dadurch gekennzeichnet,

dass mehrere gleichgepolte Photodioden ($D_{A1} \dots D_{An}$) als Reihenschaltung (A) angeordnet sind und eine gesteuerte Stromquelle (6) für die Erzeugung des Bias-Stromes der mindestens einen Photodiode parallel zu der Dioden-Reihenschaltung (A) geschaltet ist.

15 9. Schaltungsanordnung nach Anspruch 8,

dadurch gekennzeichnet,

dass ein bipolarer Transistor (T1) als Stromregler und ein Sperrschicht-Feldeffekt-Transistor (jFet) (T2) als steuerbarer Widerstand Teil der gesteuerten Stromquelle (6) sind.

20 10. Schaltungsanordnung nach Anspruch 8 oder 9,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Reihenschaltung (A) der Photodioden ($D_{A1} \dots D_{An}$) durch eine Aufteilung der Diodenfläche mittels Strukturierung auf einem Chip oder Wafer erzielt ist.

11. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 8 bis 10,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Photodioden ($D_{A1} \dots D_{An}$) der Reihenschaltung (A) nahezu identisch sind.

5

12. Verfahren zum Betreiben eines Fernsteuerungsempfängers, der zumindest mit einem Empfängermodul für den Empfang eines Lichtsignals, wobei das Empfängermodul zumindest eine Photodiode für den Empfang des Lichtsignals und eine Stromquelle für die Erzeugung der Sättigungsspannung aufweist,

10 dadurch gekennzeichnet,

dass mehrere unterschiedliche oder identische Photodioden ($D_{A1} \dots D_{An}$) als Reihenschaltung (A) angeordnet in Vorwärtsrichtung betrieben werden und bei einfallendem Licht einen Photostrom (I_{photo}) erzeugen und dass der AC-Anteil des Photostroms (I_{photo}) durch einen Transimpedanz-Verstärker (7) ausgekoppelt wird.

15

ZUSAMMENFASSUNG

Schaltungsanordnungen und Verfahren für einen Fernsteuerungsempfänger mit Photodiode

Eine Steuerungsvorrichtung (2) eines Fernsteuerungsempfängers stellt den Betriebsmodus Vorwärts- oder Rückwärtsrichtung der Photodiode (1) in Abhängigkeit von dem

- 5 Nutzsingnalpegel ihres Ausgangssignals ein, und zwar während der Empfangsbereitschaft den photovoltaischen Betriebsmodus (Vorwärtsbetrieb), da in diesem kein externer Bias-Strom benötigt wird. Übersteigt der Nutzsingnalpegel der Photodiode (1) eine vorbestimmte Schwelle, wird der Rückwärtsbetrieb eingestellt, welcher eine höhere Empfindlichkeit mit sich bringt.

10

Eine Reihenschaltung (A) mehrerer identischer Photodioden $D_{A1} \dots D_{An}$ im Vorwärtsbetrieb ermöglicht die Realisierung einer gesteuerten Stromquelle (6) mit einem Transistor (T), da die zulässige Dioden-Spannung (U_d) der Gesamtanordnung den n-fachen Wert der Betriebsspannung einer einzelnen Photodiode haben darf. Damit kann zugleich die

- 15 Spannung an den einzelnen Dioden auf einen sehr geringen Wert eingestellt werden und ein günstiger Arbeitsbereich für die Stromquelle eingestellt werden. Die mögliche Empfindlichkeit des Empfangsmoduls mit Dioden in diesem Betriebsmodus kann damit erheblich gesteigert werden.

20 (Fig. 3)

Fig. 1

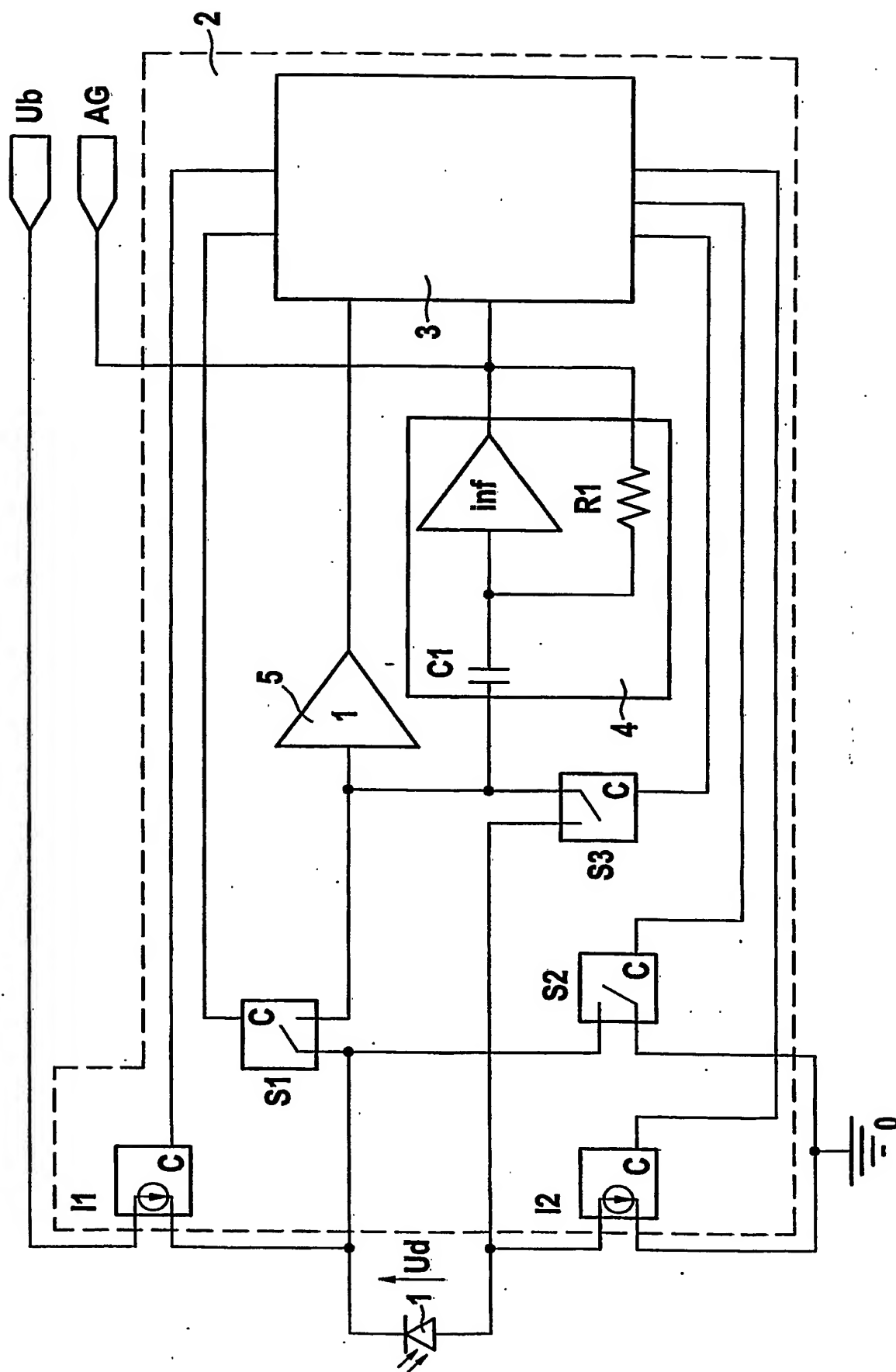
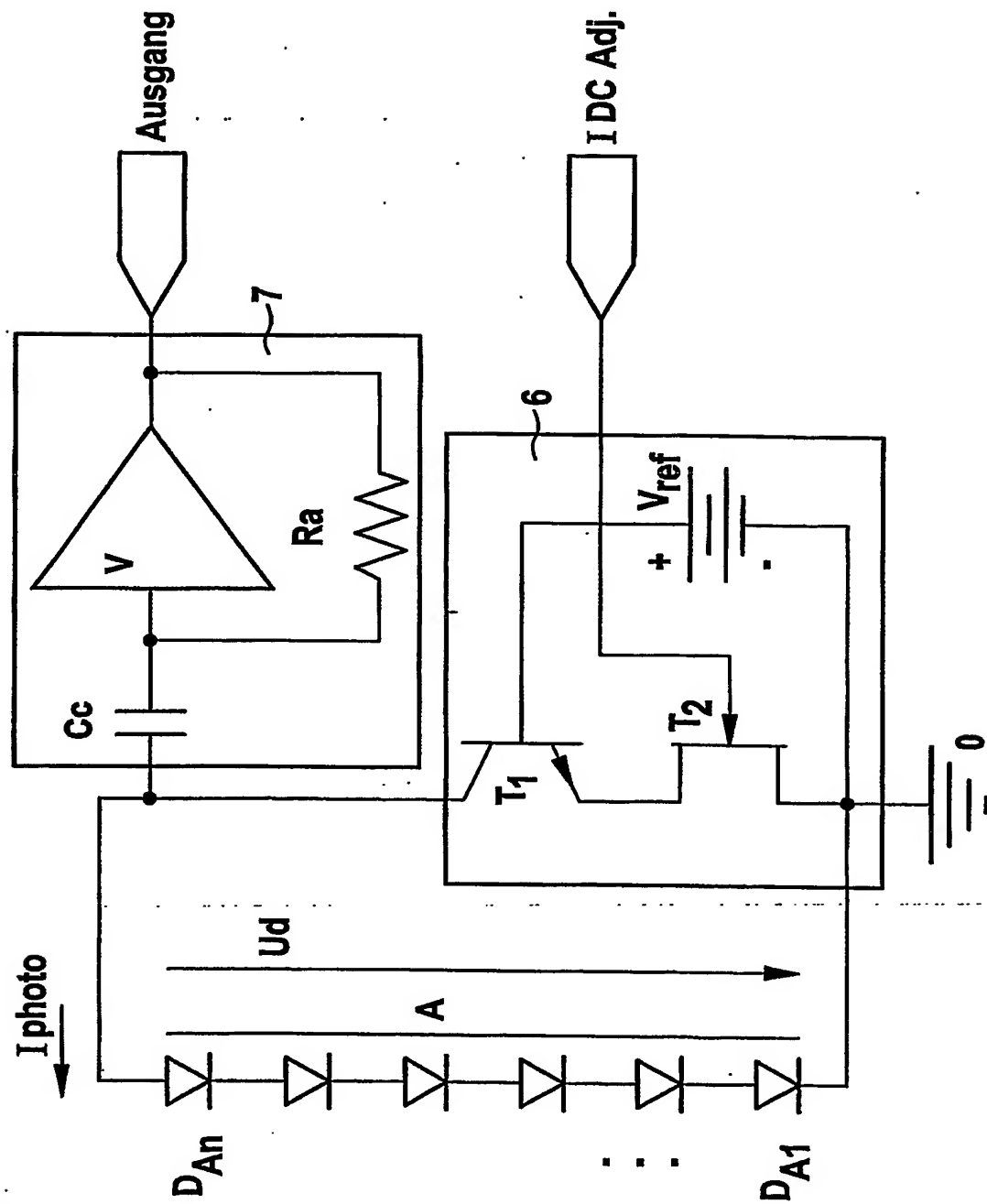


Fig. 3



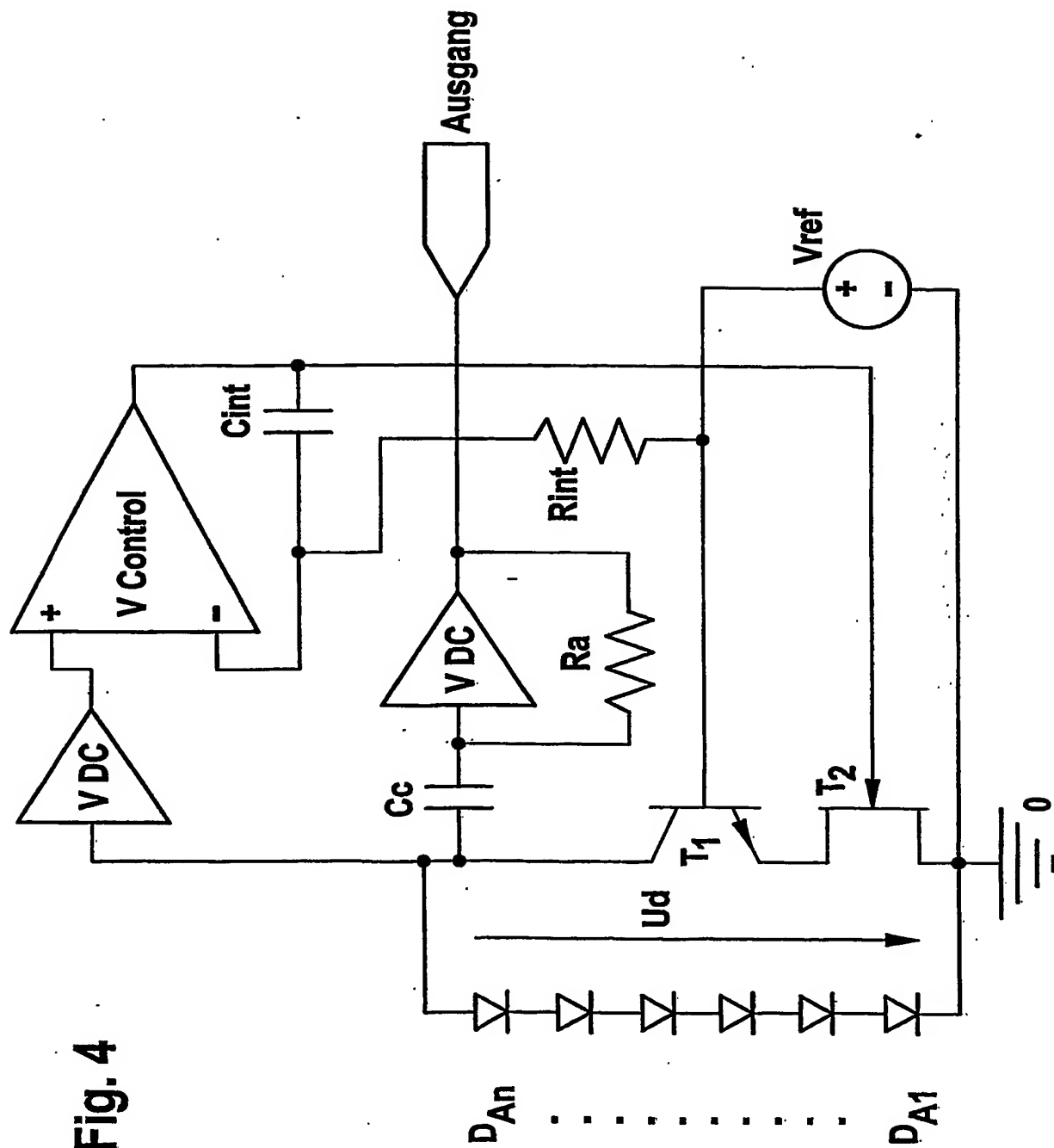


Fig. 4

PCT Application
IB0306279



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☒ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.